

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до проведення практичних занять та контрольних робіт
з дисципліни**

«ДЖЕРЕЛА СВІТЛА»

(для студентів 3 і 4 курсів денної і заочної форм навчання
за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»
спеціальності «Світлотехніка і джерела світла»)

**Харків
ХНАМГ
2013**

Методичні вказівки до проведення практичних занять та контрольних робіт з дисципліни «Джерела світла» (для студентів 3 і 4 курсів денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» спеціальності «Світлотехніка і джерела світла») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Л. Д. Гуракова. – Х.: ХНАМГ, 2013. – 23 с.

Укладач: к.т.н., доц. Л. Д. Гуракова

Методичні вказівки побудовані за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Рецензент: доц. Г. О. Петченко

Рекомендовано кафедрою Світлотехніки і джерел світла,
протокол № 3 від 15 листопада 2011 р.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	4
1. Вибір оптимальної форми і розмірів зовнішньої колби лампи високого тиску	4
2. Розрахунок геометричних параметрів пальника лампи високого тиску	6
3. Наповнення колб розрядних ламп високого тиску	7
4. Метод розрахунку геометричних параметрів тіла розжарювання ламп розжарювання	9
5. Перелік питань вивчення модуля 3 «Світлодіодні джерела світла»	17
6. Завдання для виконання контрольної роботи	17
Список джерел	18
Додатки	19

ВСТУП

Згідно з робочою програмою дисципліни «Джерела світла» загальний обсяг навчальної роботи студентів 3 і 4 курсів денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр спеціальності «Світлотехніка і джерела світла» складає 252 години, з яких 32 години аудиторних занять складають практичні заняття.

Дисципліна «Джерела світла» складається з трьох модулів, при вивченні яких розглядаються всі основні типи існуючих джерел світла. Метою вивчення дисципліни є здобуття знань в області конструювання, розрахунку та опанування принципами дії джерел світла різних типів, вивчення факторів, які впливають на їх ефективність і оволодіння навиками раціонального вибору і ефективної експлуатації джерел світла.

Практичні заняття дають можливість оволодіти на практиці методами розрахунку і вивчити нові тенденції при розробці і модернізації джерел світла.

Оскільки із змістовного модуля ЗМ 1.2.

- розрядні джерела світла низького тиску студенти виконують курсовий проект, то тематика практичних занять стосується практичного вивчення матеріалів ЗМ 1.3 і модулів 2 і 3, а саме розрядних джерел світла високого тиску, теплових джерел світла і світлодіодних джерел світла. Запропоновані також питання для поглибленого вивчення модуля 3 з пропозицією підготовки доповідей на студентські наукові конференції.

1. ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ФОРМИ І РОЗМІРІВ ЗОВНІШНЬОЇ КОЛБИ ЛАМП ВИСОКОГО ТИСКУ

Принципова конструкція лампи високого тиску наведена на рис. 1.1.

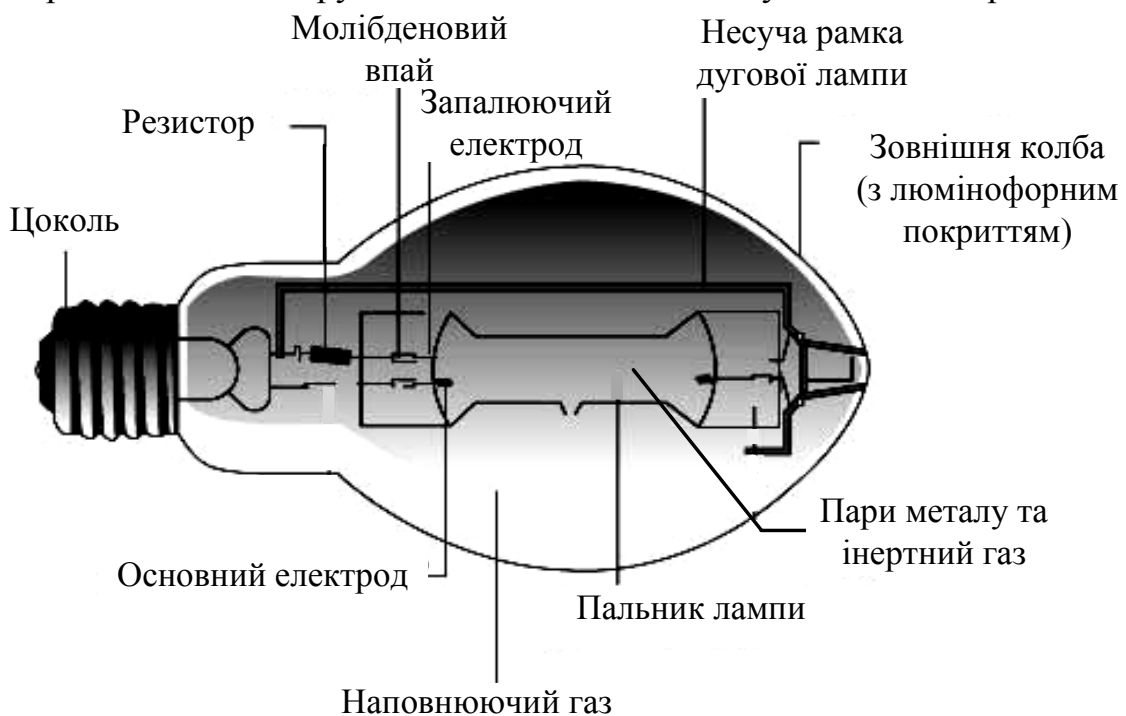


Рис. 1.1 – Конструкція ртутної лампи високого тиску

Форма і розміри зовнішньої колби і пальника в ній повинні вибиратися з урахуванням того, щоб усе випромінювання пальника лампи падало на шар люмінофору і щоб під час роботи цей шар мав би температуру, що є оптимальною для даного люмінофору (250-300 °С).

Як показали розрахунки, в центральній частині форма колби повинна наближатися до еліпсоїда обертання.

Найбільший діаметр зовнішньої колби D може бути розрахований із формули балансу енергії:

$$a_K P_L = q_2 (D_1 t_{2\text{эф}} t_0) \pi D^2 C \quad (1.1)$$

де C – коефіцієнт, що характеризує форму колби. Для більшості типів ламп $C \approx 1,6$;

a_K - частка потужності лампи, що йде на нагрівання зовнішньої колби

$$a_K \approx (0,70 \div 0,75) P_L$$

q_2 - частка потужності, що відводиться від нагрітої колби

$$q_2 = q_{2T} + q_{2\text{ВИПР}} \quad (1.2)$$

де q_{2T} - потужність, що відводиться за рахунок теплопередачі;

$q_{\text{ВИПР}}$ - потужність, що відводиться за рахунок випромінювання.

$$q_{2T} \approx A d_2^{-0,25} (\Delta t)^{1,25} \quad (1.3)$$

$$q_{\text{ВИПР}} \approx \varepsilon_K \sigma_0 (T_2^4 - T_0^4) \quad (1.4)$$

де d_2 - зовнішній діаметр пальника;

$$\Delta t = T_2 - T_0 \quad (1.5)$$

T_2 - температура зовнішньої поверхності колби;

T_0 - температура оточуючого середовища;

ε_K - інтегральний коефіцієнт випромінювання колби при температурі T_2 ;

σ_0 - константа Стефана – Больцма $\sigma_0 \approx 5,67 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{К}}$;

A – коефіцієнт, що залежить від температури навколишнього середовища ($t_{\text{НАВК}}$).

Його значення розраховані для різних оточуючих середовищ і середньої температури $t_{\text{сер}} = \frac{(t_2 + t_0)}{2}$ наведено на рис. 1.2.

Значення ε_K залежить від марки скла: для барієвого і молібденового скла в інтервалі температур $t = 20 \div 50^\circ \text{C}$ $\varepsilon_K \approx 0,90 \div 0,92$; при $t = 100 \div 150^\circ \text{C}$ $\varepsilon_K \approx 0,85 \div 0,9$; при $t = 250 \div 300^\circ \text{C}$ $\varepsilon_K \approx 0,8 \div 0,85$.

Для кварцового скла значення ε_K наведені на рис. 1.3

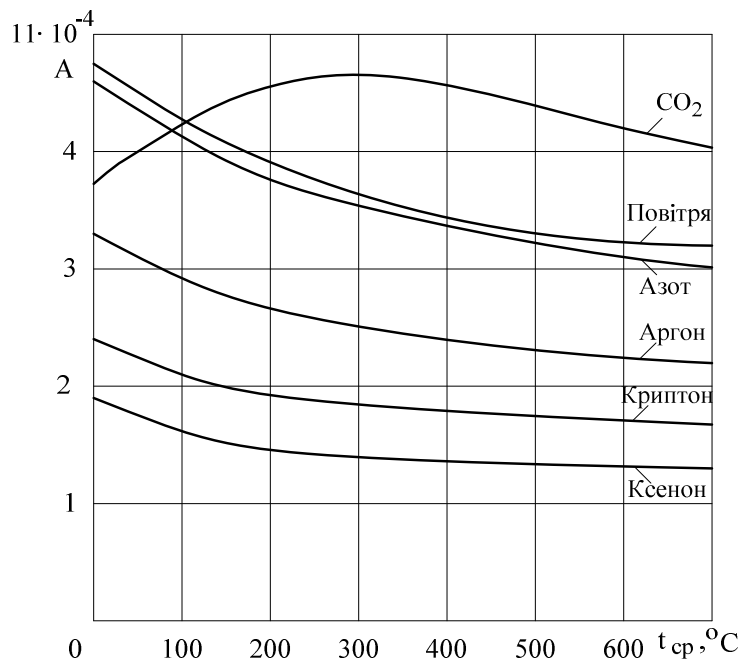


Рис. 1.2 – Значення А для різних газів від $t_{сер}$ °C

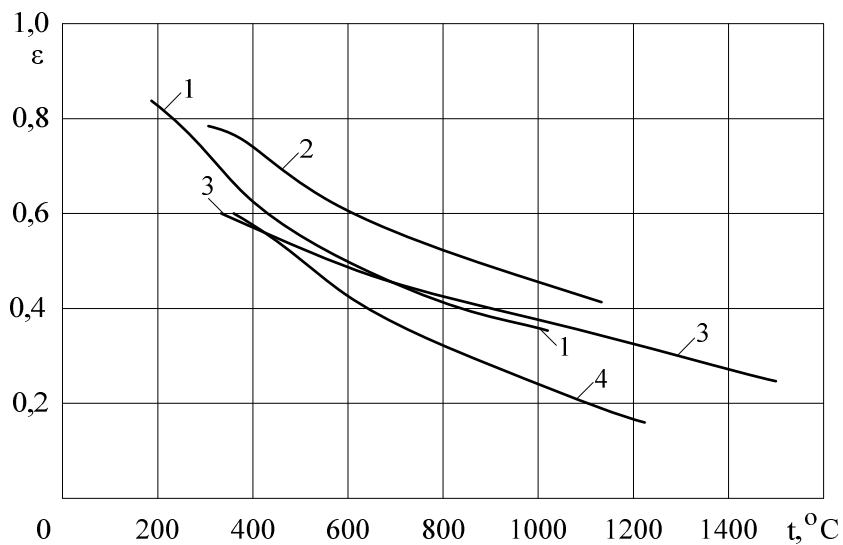


Рис. 1.3 – Залежність ϵ_K від температури

1 – кварцове скло товщиною 1,2 мм; 2 – кварцове скло товщиною 1 мм;
3 – полікристалічний оксид алюмінію товщиною 0,8 мм; 4 – лейкоапіфір товщиною 1 мм.

2. РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ПАЛЬНИКА ЛАМПИ ВИСОКОГО ТИСКУ

Зовнішній діаметр розрядної трубки (d_2) знаходиться із рівняння теплового балансу лампи в залежності від ефективної температури t_{ef} і тиску парів металу в пальнику

$$a_{cm} \cdot P_{ст} = q_2 \pi d_2 \quad (2.1)$$

де a_{cm} - доля потужності лампи, що йде на нагрівання $a_{cm} \approx 0,7 \div 0,75 P_{Л}$;

q_2 - частка потужності, що відводиться від нагрітої колби;

$P_{ст}$ - потужність позитивного стовпа розряду в пальнику, Вт;

$$P_{ст} = K_{л} \cdot I_{л} \cdot E \quad (2.2)$$

де $K_{л}$ - коефіцієнт потужності лампи, що залежить від типу баласту

$$K_{л} \approx 0,85 \div 0,9;$$

$I_{л}$ - струм лампи, А;

E - градієнт потенціалу позитивного стовпа розряду, В/см.

$$E = 13 p^{0,55} \cdot d_1^{-0,25} \cdot I_{л}^{-0,2} \quad (2.3)$$

де p - тиск парів металу в лампі, $p = 10^5 \text{ Па}$;

d_1 - внутрішній діаметр пальника, см;

$$q_2 = q_t + q_{\text{випр}} \quad (2.4)$$

де q_2 - питомі теплові втрати із зовнішньої поверхні пальника;

q_t - питомі теплові втрати за рахунок теплопровідності;

$q_{\text{випр}}$ - питомі теплові втрати за рахунок випромінювання;

$$q_t = A d_2^{-0,25} \Delta t^{1,25} \quad (2.5)$$

A - коефіцієнт, що залежить від виду роду і тиску газу (рис. 1.2)

$$\Delta t = t_{\text{еф}} - t_g \quad (2.6)$$

де $t_{\text{еф}}$ - середня ефективна температура поверхні пальника

t_g - температура газу, в середовищі якого працює пальник

$$t_{\text{еф}} \approx t_{1\text{min}} + 50 \quad (2.7)$$

$$t_{\text{еф}} \approx t_{1\text{max}} - 100 \quad (2.8)$$

де $t_{1\text{min}}$, $t_{1\text{max}}$ - мінімальна і максимальна температури пальника

$$t_{1\text{min}} \leq t_{\text{еф}} \leq t_{1\text{max}} \quad (2.9)$$

$$q_{\text{випр}} = \varepsilon \sigma (T_{2\text{еф}}^4 - T_2^4) \quad (2.10)$$

де ε - інтегральний коефіцієнт випромінювання кварцового скла (рис. 1.3);

σ - константа Больцмана $\sigma = 5,6 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} / \text{см}^2 \cdot \text{К}$;

$T_{2\text{еф}}$ - ефективна температура поверхні пальника, К;

T_2 - температура газу в середині зовнішньої колби.

Відстань між електродами пальника

$$l \approx \frac{1,25}{E} \quad (2.11)$$

l - відстань між електродами, см.

3. НАПОВНЕННЯ КОЛЬ РОЗРЯДНИХ ЛАМП І РОБОЧИЙ ТИСК В НИХ

При розробці розрядних ламп ВТ виникає необхідність знайти зв'язок між кількістю металу, що вводиться в лампу (наприклад ртуті чи натрію) і тиском, що встановлюється при роботі лампи.

Розрахунок кількості газу чи пару в лампах.

Циліндрична колба.

Для одиничної довжини трубки:

$$m_1 = \frac{M}{R} \cdot \frac{\gamma_{TP}}{T_1} \cdot p(\pi \cdot r_1^2) \quad (3.1)$$

де m_1 - маса пару при одиничній довжині трубки;

M - молекулярна маса газу чи пару;

$$R - \text{газова константа} = 8,314 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C} \cdot \text{г} \cdot \text{моль}};$$

r_1 - внутрішній радіус трубки;

$$\gamma_{TP} = \frac{1}{\pi} \int_0^1 \int_0^{2\pi} \frac{\rho d\rho d\varphi}{\tau}; \quad \gamma_{TP} \approx 0,13 \div 0,4;$$

$$\rho = \frac{r}{r_1};$$

r - радіус трубки;

$$\tau = \frac{T}{T_1}$$

T_1 - температура газу біля внутрішньої стінки;

Загальна маса пару чи газу в циліндричній лампі:

$$m = m_1 \cdot l \left(1 + \frac{2\Delta l_m}{l} \right) \quad (3.2)$$

де l - відстань між електродами;

Δl_m - довжина заелектродної області.

Сферична колба.

$$m_{III} = \frac{M}{R} \cdot \frac{\gamma_{III}}{T_1} \cdot p \left(\frac{3}{4} \pi \cdot r_1^2 \right) \quad (3.3)$$

$$\gamma_{III} = 0,3 \div 0,8$$

Дозування ртуті в лампах ВТ

Зазвичай в ртутних лампах ВТ кількість ртуті вибирається таким, щоб при роботі лампи вся ртуть повністю випарилась.

Для циліндричних ртутних ламп існує така залежність

$$p \approx 75 \cdot 10^3 \left(\frac{m_1}{d_1^2} \right) \cdot \left(\frac{P_1^{1/4}}{d_1^{0,1} \cdot m_1^{0,1}} \right) \quad (3.4)$$

де p - тиск ртуті, Па;

m_1 - питома маса ртуті, $\frac{\text{мг}}{\text{см}}$;

P_1 - питома потужність лампи, $\frac{\text{Вт}}{\text{см}}$;

d_1 - діаметр трубки, см.

Для шарових ламп:

$$m_{III} = 0,6 \cdot 10^{-5} p \cdot d_1^3 \quad (3.5)$$

де m_{III} - маса ртуті, мг ;

p - тиск ртуті, Па;

d_1 - діаметр трубки, см

ВИБІР СКЛАДУ І ТИСКУ ГАЗУ, ЩО НАПОВНЮЄ ЗОВНІШНЮ КОЛБУ

Вибір газу, що наповнює зовнішню колбу повинен проводитись з урахуванням теплового режиму пальника і колби, відсутності можливості електричного пробоя між підводками, забезпечення надійної роботи лампи, швидкого розжарювання і повторного закалювання.

Звичайно для наповнення вибирають аргон, який забезпечує інертне середовище, малі теплові втрати і є дешевим. Для підвищення напруги пробоя використовують суміш 85 % Ar + 15 % N₂.

„Холодний” тиск цього газу повинен бути таким, щоб робочий тиск в лампі не перевищував би атмосферний, тобто

$$P_{ХОЛ} \leq P_{ГАР} \gamma \frac{T_{ХОЛ}}{T_{ГАР}} \quad (3.6)$$

Вибір складу і тиску інертного газу в пальнику

Цей вибір проводиться з урахуванням умов отримання мінімальної напруги запалювання розряду і максимального терміну роботи. Найбільш підходящим газом є аргон. Звичайно тиск аргону складає від 1 до 7 кПа, причому в лампах малої потужності тиск вибирають більш високий

4. МЕТОД РОЗРАХУНКУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТІЛА РОЗЖАРЮВАННЯ

Метод розрахунку тіл розжарювання базується на внутрішньому балансі енергії лампи розжарювання, при визначенні якого враховується охолоджуюча дія електродів і гачків, а також екранування світлового потоку цоколем лампи. У цьому методі розрахунок тіла розжарювання газоповної лампи зведений до так званого вакуумного варіанта за допомогою спеціальних коефіцієнтів, що були встановлені розрахунковим шляхом і вибірково, для деяких типів ламп загального призначення, перевірені експериментально.

Основні терміни, прийняті позначення та скорочення

Нижче наведені основні з прийнятих у цих методичних вказівках терміни, позначення та скорочення: d_n , $d_{н.сн}$, $d_{н.бсн}$ - діаметри вольфрамового дроту, з якого зроблено ниткове (d_n), спіральне ($d_{н.сн}$) та біспіральне ($d_{н.бсн}$) тіла розжарювання.

У тих випадках, коли діаметр розглядається тільки для визначеного тіла розжарювання і не робиться взаємних зіставлень, зазначені діаметри позначаються через d :

$d_{сн}$, $d_{бсн}$ - діаметри спіралі та біспіралі;

k_k, k_c - коефіцієнти кроку і осердя спіралі;

$k_{k1}, k_{c1}, k_{k2}, k_{c2}$ - відповідно коефіцієнти кроку і осердя первинної (індекс «1») і вторинної (індекс «2») спіралі біспірального тіла розжарювання;

$l_n, l_{n.cn}, l_{n.bcn}$ - довжини вольфрамового дроту, з якого зроблене ниткове, спіральне чи біспіральне тіла розжарювання.

У тих випадках, коли розгляд довжини дроту проводиться тільки для визначеного тіла розжарювання і не робиться взаємних зіставлень, зазначені довжини позначаються через 1:

l_{cn}, l_{bcn} - довжини спіралі та біспіралі;

M_{eT}, ρ_T, L_{eT} - характеристичні функції вольфраму, відповідно щільність випромінювання, питомий опір і яскравість;

T, T_y, T_u, T_{en} - істинна, яскравісна, колірна й енергетична температури тіла розжарювання;

$\delta(\delta_{cn}), \delta_e(\delta_{bcn})$ - загальний (інтегральний) і для світлового потоку коефіцієнти випромінювання спіралі (біспіралі);

H_{np}, H_{cn} - відповідно світлова віддача ідеальної прямолінійної нитки, спіралі у вакуумі;

H - світлова віддача лампи розжарювання;

$\Phi_{np}, \Phi_{cn}, \Phi_{bcn}$ - світловий потік прямої нитки, спіралі та біспіралі;

Φ - світловий потік лампи;

$\tau_{opt}, \tau_k, \tau_{onk}$ - оптимальний, корисний і оптимальний корисний терміни служби ламп;

$\tau_p(\tau)$ - реальний (фізичний) термін служби ламп;

P, U, I, R_m - потужність, напруження, струм і опір тіла розжарювання лампи;

ω_1, P_z - питомі й повні теплові втрати через газ (внаслідок теплопровідності).

Φ_e - енергетичний потік лампи.

Виведення основних співвідношень. Внутрішній баланс енергії газоповної лампи розжарювання визначається за виразом:

$$P = \Phi_e + P_z + P_d \quad (4.1)$$

де P - потужність, затрачувана на нагрівання тіла розжарювання;

Φ_e - енергетичний потік тіла розжарювання;

P_z - потужність, що відводиться газом від тіла розжарювання;

P_d - потужність, що відводиться електродами і гачками.

Для спіралі (біспіралі):

$$\Phi_e = \delta \cdot M_{eT} \cdot \pi \cdot d \cdot l \quad (4.2)$$

де δ - загальний коефіцієнт випромінювання спіралі (біспіралі);

M_{eT} - щільність випромінювання вольфраму при температурі T (К);

d, l - відповідно діаметр і довжина вольфрамового дроту, з якого звита спіраль (біспіраль).

З урахуванням викладеного: $P = \delta \cdot M_{eT} \cdot \pi \cdot d \cdot l + P_z$. Оскільки має місце охолодження тіла розжарювання електродами і власниками, а проводити розрахунок з еквівалентними виправленнями на довжину незручно, то має сенс скористатися формулою для потужності лампи

$$P = \beta \frac{U^2}{R_m} = U \cdot I \quad (4.3)$$

де β - коефіцієнт, що враховує охолоджуючу дію електродів і гачків (для ламп загального призначення $\beta = 0,1 \div 1,02$);

$R_m = \rho_m \frac{4l}{\pi d^2} = U \cdot I$ - опір тіла розжарювання (без урахування охолоджуючої дії підтримок);

ρ_m - питомий опір вольфраму при температурі T (K).

Використовуючи співвідношення (4.1), (4.2) і позначивши відносні втрати в газі через коефіцієнт, $k \left(k = \frac{P_z}{P} \right)$, неважко одержати вираз для діаметра d і довжини нитки l (без урахування частини тіла розжарювання на кріплення в електроді):

$$d = \left[\frac{4\rho_m(1-k)}{\pi^2 \delta M_{eT}} \right]^{1/3} I^{2/3}; \quad l = \left[\frac{(1-k)^2}{4\pi \delta^2 \rho_m M_{eT}^2} \right]^{1/3} I^{1/3} U \beta;$$

$$l = \left[\frac{(1-k)}{4\delta \rho_m M_{eT}} \right]^{1/2} d^{1/2} U \beta \quad (4.4)$$

При розрахунку низьковольтних мікромініатюрних ламп, а також при визначенні d і l нитки будь-яких ламп із підвищеною на одиницю довжини тіла розжарювання, кількістю активно підтримуючих гачків, необхідно враховувати коефіцієнт β .

Для ламп загального призначення коефіцієнт β можна не враховувати і визначення d і l проводити за формулами:

$$d = \left[\frac{4\rho_m(1-k)}{\pi \delta M_{eT}} \right]^{1/3} I^{2/3}; \quad l = \left[\frac{(1-k)^2}{4\pi \delta^2 \rho_m M_{eT}^2} \right]^{1/3} I^{1/3} U \quad (4.5)$$

Оскільки ρ_m і M_{eT} є табульованими характеристичними функціями, що залежать тільки від температури вольфраму (див. Додаток, табл. 1), то для розрахунку d та l необхідні U , I , δ , T , k . Якщо U і I задані самою постановкою задачі (прийнято задавати P , U і H), то інші величини треба взяти з таблиць (залежність загального коефіцієнта випромінювання спіралі від k_k подана в табл. 2) або розрахувати (світлову віддачу прямої нитки H_{np} у вакуумі і за H_{np} знаходити температуру тіла розжарювання), або визначити за розрахунково-експериментальними графіками ($k = f(I)$).

Розрахункові й експериментальні дослідження дозволили встановити, що загальний коефіцієнт випромінювання біспіралі

$$\delta \approx \delta_1 \cdot \delta_2$$

де δ_1 - коефіцієнт випромінювання первинної спіралі, (δ_1 визначається за залежністю ($\delta = f(k_k)$) (табл. 2) для відповідного k_{k1});

δ_2 - коефіцієнт випромінювання спіралі через витки біспіралі, (δ_2 визначається за залежністю ($\delta = f(k_k)$) (табл. 2) для відповідного k_{k2}).

Якщо допустити, що відносні втрати в газі k відомі, то визначення світлової віддачі прямої нитки у вакуумі H_{np} , а отже, і температури тіла розжарювання можна проводити з урахуванням таких співвідношень, що зв'язують світлову віддачу лампи H з H_{np} :

$$H_{np} = \frac{H \cdot \alpha_y \cdot \alpha_{zач}}{1 - k} \cdot \frac{\delta}{\delta_B} \quad (4.6)$$

де α_y - коефіцієнт, що враховує екранування світлового потоку тіла розжарювання цоколем лампи для ламп розжарювання загального призначення $\alpha_y = 1,04 \div 1,08$, для низьковольтних ламп α_y може досягати $1,1 \div 1,20$;

$\alpha_{зач}$ - коефіцієнт, що враховує охолоджуючу дію електродів і гачків; відповідно до розрахункових оцінок для ламп загального призначення

$$\alpha_{зач} \approx 1 + (0,04 \div 0,08)n_D$$

де n_D - загальна кількість підтримуючих тіло розжарювання гачків і електродів.

Щодо спіралі $\frac{\delta_B}{\delta} \approx 0,94$; для біспіралі, як показали експерименти,

$$\frac{\delta_{B.бсп}}{\delta_{бсп}} \approx 0,94 \text{ (для зазначеного вище діапазону } k_k \text{ і } k_c).$$

Тому що H задана ($\alpha_{зач}$ і α_y приймається чи розраховується), то для визначення температури тіла розжарювання [по H_{np}] необхідні дані про $\frac{P_z}{P}$ для варіантів k_k і k_c , і умов наповнення. На рис. 3 і 4 наведені розрахункові (які вибірково узгоджуються з експериментальними даними) $k = \frac{P}{P_z}$ для

спірального (рис. 4.2) і біспірального (рис. 4.3) тіл розжарювання для трьох умов наповнення (тиск газу при непрацюючій лампі $550 \div 650$ мм рт. ст. $\tau \approx 1000$ год). На рис. 3 нижня межа відносних втрат у газі визначена при $k_k = 1,7$ і $k_c = 6$; верхня межа області - при $k_k = 1,7$ і $k_c = 3$. Аналогічно для біспіралі:

нижня межа – при $k_{k1} = 4,1$; $k_{k2} = 1,6$; $k_{c1} = 2,0$; $k_{c2} = 2,6$

верхня межа - при $k_{k1} = 1,8$; $k_{k2} = 2,0$; $k_{c1} = 1,7$; $k_{c2} = 1,8$.

Для проміжних значень коефіцієнта кроку і осердя спіралі визначення відносних втрат у газі можна проводити за такою наближеною формулою:

$$k \approx k_{min} \frac{k_x}{k_{kmin}} \cdot \sqrt[3]{\frac{k_{cmax}}{k_c}} \quad (4.7)$$

Тут k_k і k_c - коефіцієнти кроку і осердя для варіанта, що розраховується;
 k_{min} - мінімальні для відповідних струму лампи і наповнення, відносні втрати, в газі (при $R_k = R_{kmin} = 1,3$ та $k_c = k_{cmin} = 6$). Відповідно до біспірального тіла розжарювання для прийнятих k_k і k_c визначення відносних втрат у газі провадиться за формулою

$$k \approx k_{min} \frac{k_{k1} \cdot k_{k2}}{k_{k1min} \cdot k_{k2min}} \sqrt[2]{\frac{k_{c1min} \cdot k_{c2min}}{k_{c1} \cdot k_{c2}}} \quad (4.8)$$

де k_{k1} , k_{k2} , k_{c1} , k_{c2} - коефіцієнти кроку і осердя первинної спіралі і біспіралі для варіанта, що розраховується;

k_{min} - мінімальні для відповідних струмів лампи і наповнення, відносні втрати в газі при $k_{k1} = k_{k1min} = 1,4$; $k_{k2} = k_{k2min} = 1,6$; $k_{c1} = k_{c1min} = 2,0$; $k_{c2} = k_{c2min} = 2,6$.

Наведені на рис. 4.2 і 4.3 залежності $k = f(I)$ були визначені при $\tau = 1000$ год. При $P = \text{const}$ і підвищених світлових віддачах ламп ($\tau < 1000$ год.) змінюються геометричні параметри і температура тіла розжарювання ламп, тому й відносні втрати в газі трохи змінюються (зменшуються). Якщо

припустити, що співвідношення термінів служби ламп $\frac{\tau_1}{\tau_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{-n_m}$ (T_1 і T_2

відповідні температури тіла розжарювання, $n_m = 35 \div 40$), то при $\tau \approx 400, 100$ і 10 год. Температури тіла розжарювання – для відповідних термінів служби $T_{400} \approx 1,02T$, $T_{100} \approx 1,06T$ і $T_{10} \approx 1,12T$. (T -температура тіла розжарення при $\tau = 1000$ год.).

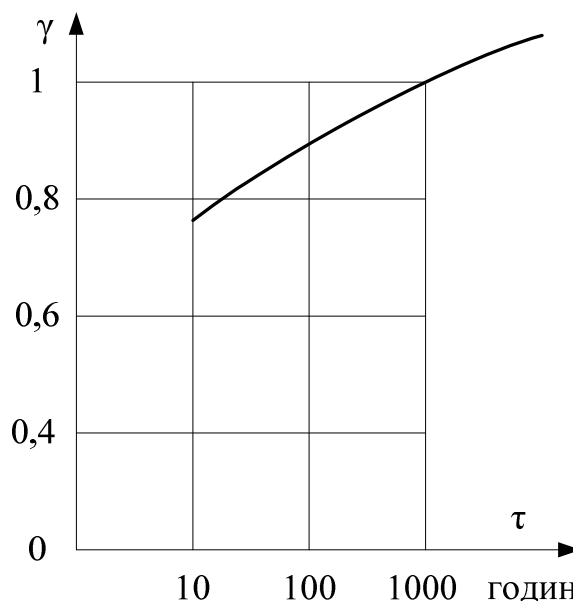


Рис. 4.1 – Залежність коригуючого коефіцієнту γ з терміном служби

З огляду на зв'язок $d = f(T)$ і $l = f(T)$ неважко показати, що при $P = \text{const}$, $U = \text{const}$ і $T(\tau) = \text{var}$ залежність відносних витрат у газі від T визначається за таким співвідношенням:

$$\frac{k_2}{k_1} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{1,5 \cdot 0,33(n_p + 2n_k)} \quad (4.9)$$

З урахуванням сказаного, $k_\tau = \gamma_\tau \cdot k_{1000}$, де k_τ і k_{1000} - відносні втрати в газі при $\tau = \tau$ і $\tau = 1000$ ч. Усереднена залежність коефіцієнта γ_τ від терміну служби ламп подана на рис. 4.1.

Таким чином, розглянуті вище співвідношення (4.4) ÷ (4.8) і залежності $k = f(I)$ (рис. 4.2, 4.3) і $\gamma_\tau = f(\tau)$ (рис. 4.1) дозволяють при заданих вихідних P , U , $H(H_{\text{опт}})$ і прийнятих k_k і k_c розрахувати температуру тіла розжарювання T , діаметр d і довжину l нитки, з якої повинна бути зроблена спіраль (біспіраль).

Якщо тіло розжарювання - спіраль, то діаметр останньої $d_{cn} = d(k_c + 2)$, а довжина спіралі $l_{cn} = \frac{k_k \cdot l}{\pi(k_c + 1)}$.

Щодо біспіралі

$$d_{\text{бсн}} = d(k_{c1} + 2) \cdot (k_{c2} + 2), \quad l_{\text{бсн}} = \frac{k_{k1} \cdot k_{k2} \cdot l}{\pi(k_{c1} + 1) \cdot (k_{c2} + 1)}$$

Для спіралей залежність відносних витрат в газі від струму лампи для спірального тіла розжарювання та залежність відносних витрат в газі для біспірального ТР показані на рис. 4.2, 4.3.

Визначення електричних і світлотехнічних характеристик розрахованого варіанта лампи

У зв'язку з тим, що розрахунковий варіант лампи повинен забезпечити задані P і H , а оперативна експериментальна перевірка P і H нерідко скрутна, то доцільно визначати «робочий режим» лампи теоретично.

Теоретичне визначення реального «робочого режиму» дозволяє уточнити геометричні параметри тіла розжарювання (забезпечуючи задані світлотехнічні й електричні характеристики) і зменшити час на виготовлення проміжних дослідних партій ламп.

Уточнення параметрів тіла розжарювання розрахованої лампи, як сказано вище, слід проводити за залежностями потужності лампи P , витрат у газі P_g і приведенного випромінювання Φ_e від температури тіла розжарювання;

$$P = f(T), \quad P_g = f(T), \quad \Phi_e = f(T),$$

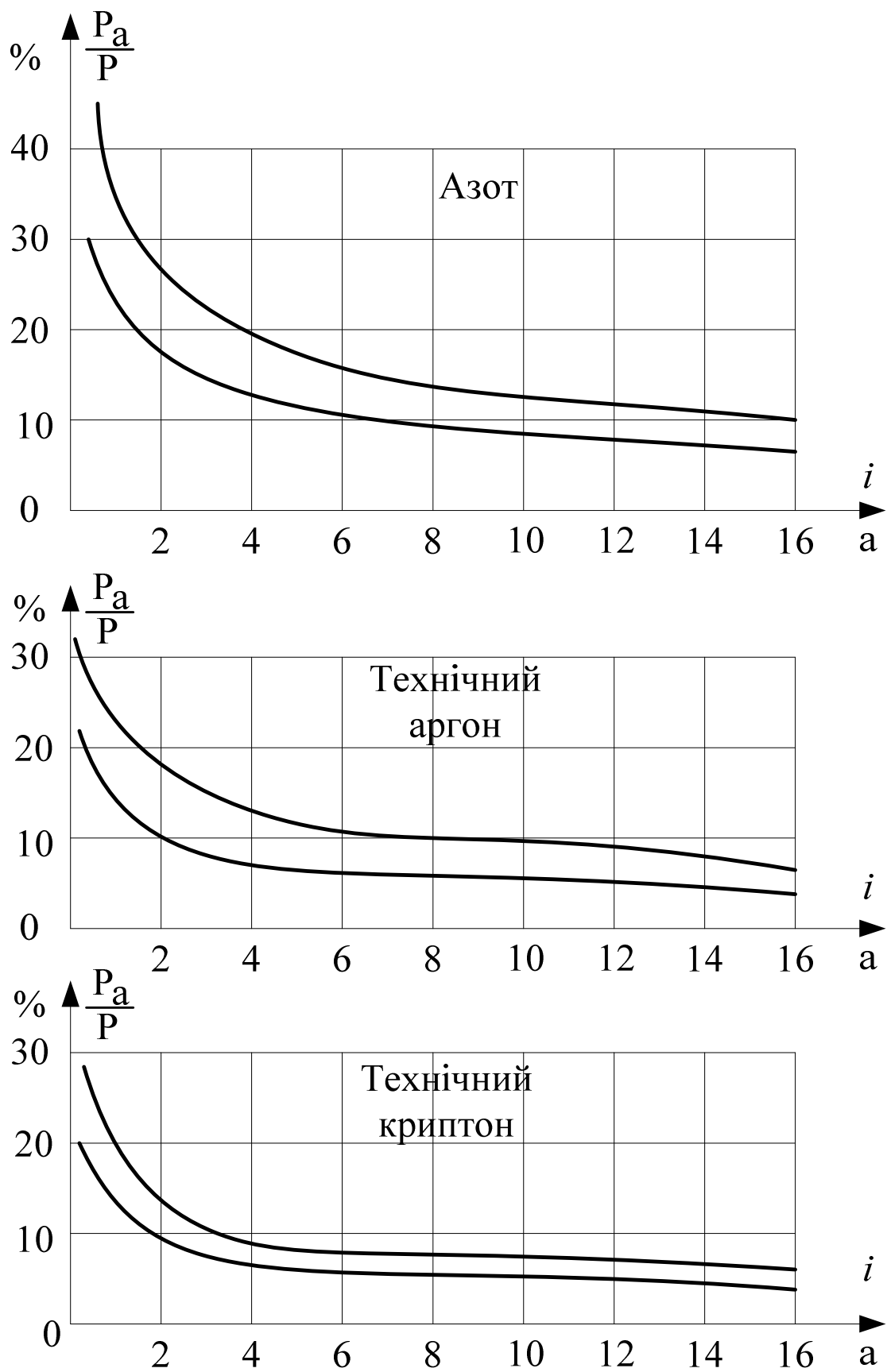


Рис. 4.2 – Залежність відносних витрат в газі від струму лампи для спірального тіла розжарювання

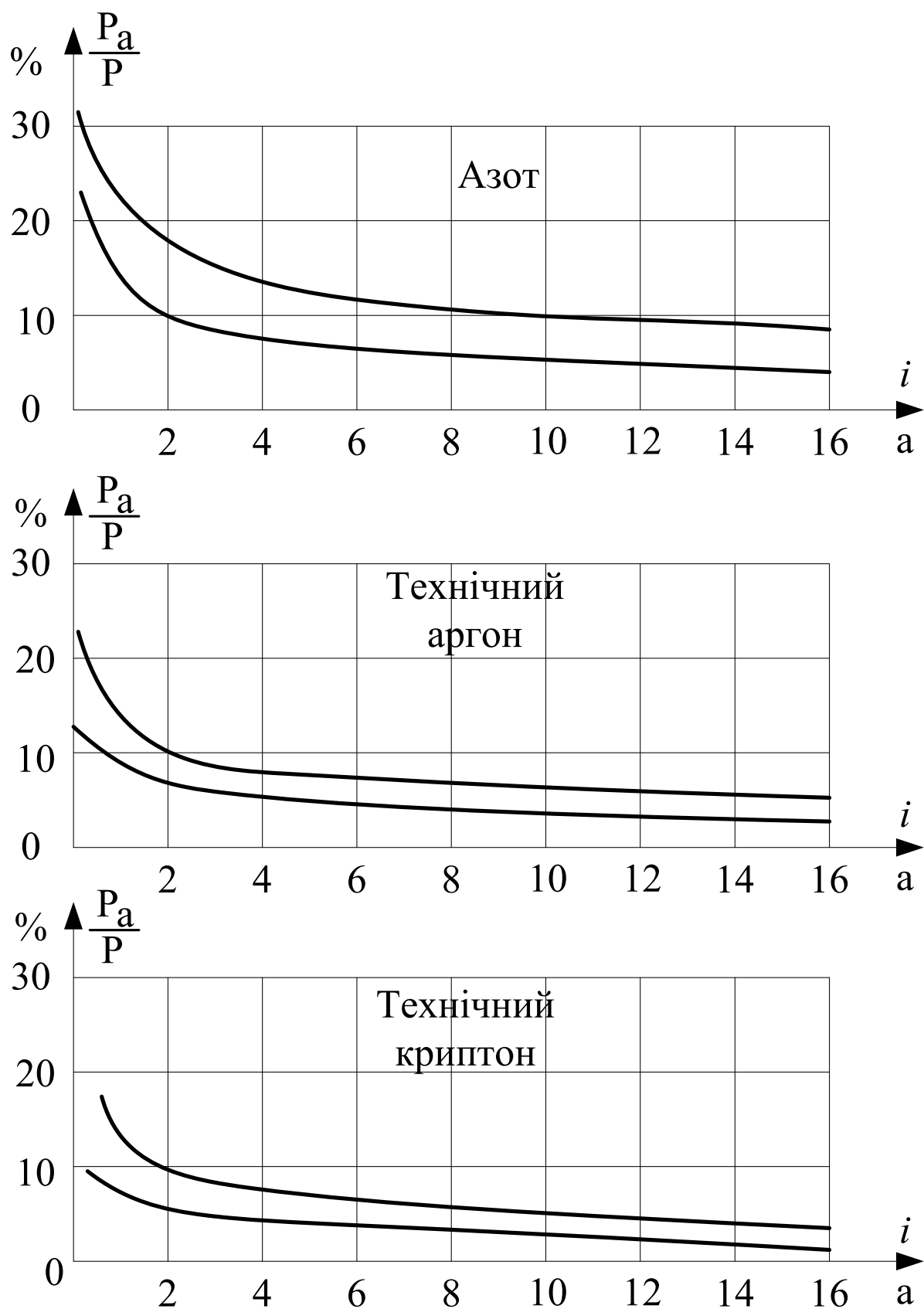


Рис. 4.3 – Залежність відносних витрат в газі для біспірального ТР

5. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ВИВЧЕННЯ МОДУЛЯ 3 „СВІТЛОДІОДНІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА”

1. Конструкція світлодіодів.
2. Параметри світлодіодів.
3. Світлодіодні лампи.
4. Схеми ввімкнення світлодіодів в мережу.
5. Потужні світлодіоди.
6. Матеріали для світлодіодних джерел світла.
7. Спектри випромінювання світлодіодів.
8. Методи отримання „білого світла” в світлодіодних джерелах світла.
9. Світлодіоди ультра-фіолетового випромінювання.
10. Світлодіоди інфра – червоного випромінювання.
11. Органічні світлодіоди.
12. Теплові характеристики світлодіодних джерел світла.
13. Області застосування світлодіодних джерел світла.
14. Основні переваги і недоліки світлодіодних джерел світла.
15. Принципи формування випромінювання в світлодіодах.
16. Структура кристалу світлодіода.
17. Світлодіодні модулі і кластери.

6. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1. Розрахувати розміри зовнішньої колби розрядної лампи високого тиску заданого типу.
2. Розрахувати геометричні розміри пальника розрядної лампи високого тиску лампи заданого типу.
3. Обґрунтувати вибір роду і тиску наповнюючого газу в пальнику і зовнішній колбі розрядної лампи високого тиску заданого типу.
4. Скласти баланс енергії позитивного стовпа розряду в лампі заданого типу.
5. Розрахувати довжину і обґрунтувати вибір форми тіла розжарювання лампи розжарювання заданого типу.
6. Розрахувати діаметр і обґрунтувати вибір наповнюючого газу в лампі розжарювання заданого типу.
7. Скласти баланс енергії лампи розжарювання заданого типу.

Вихідні дані для розрахунку:

1. Тип джерела світла;
2. Потужність лампи, Вт;
3. Напруга живлення, В;
4. Коефіцієнт потужності;
5. Світлова віддача лампи, Лм/Вт;
6. Сроку служби лампи, год.;
7. Наповнення лампи;
8. Форма тіла розжарювання.

Довідковий матеріал про параметри різних типів ламп можна отримати із літературних джерел [1 – 3].

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Справочная книга по светотехнике / Под. ред. Айзенберга Ю. Б. – М.: Знак, 2006. – 951 с.
2. Рохлин Г. Н. Разрядные источники света. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 245 с.
3. Литвинов В. С., Рохлин Г. Н. Тепловые источники оптического излучения. – М.: Энергия, 1975 г. – 245 с.
4. Гуракова Л. Д. Теплові джерела світла: (конспект лекцій). – Х.: ХНАМГ, 2004. – 45 с.
5. Ф. Е. Шуберт Светодиоди. – М.: Физматлит, 2008. – 495 с.

ДОДАТКИ

Таблиця 1 – Фізичні характеристики вольфраму

Істинна температура T , К	Яскравісна температура $T_{\text{я}}$, К	Колірна температура $T_{\text{кол}}$, К	Енергетична температура T_e , К	Питомий опір $\rho \cdot 10^6$, Ом см	Щільність випромінювання		Яскравість		Світлова віддача H , пм/Вт	Швидкість випару		Тиск пари		Електронна емісія		Атомна теплота, кал/град
					$M_{\text{ет}}$, Вт/см ²	n_R	L , кг/м ²	n_L		m_T , г/см ² с	n_m	P , дин/см ²	n_p	j_e , А/см ²	n_j	
1000	966	1006	581	24,93	0,602	5,65	$0,126 \cdot 10^{-3}$	22,7	-	$5,32 \cdot 10^{-34}$	94,8	$1,98 \cdot 10^{-29}$	95,3	$1,07 \cdot 10^{-15}$	54,4	6,36
1100	1058	1108	659	27,94	1,027	5,57	$1,07 \cdot 10^{-3}$	21,3	-	$2,17 \cdot 10^{-30}$	87,5	$1,22 \cdot 10^{-25}$	88	$1,52 \cdot 10^{-13}$	49,7	6,43
1200	1149	1210	738	30,98	1,66	5,49	$6,31 \cdot 10^{-3}$	19,9	-	$3,21 \cdot 10^{-27}$	80,6	$1,87 \cdot 10^{-22}$	81,1	$9,73 \cdot 10^{-12}$	45,7	6,52
1300	1240	1312	819	34,08	2,57	5,41	$27,6 \cdot 10^{-3}$	18,5	-	$1,35 \cdot 10^{-24}$	74	$8,18 \cdot 10^{-20}$	74,5	$3,21 \cdot 10^{-11}$	42,3	6,67
1400	1330	1414	905	37,19	3,83	5,34	0,104	17,4	0,09	$2,51 \cdot 10^{-22}$	68,3	$1,62 \cdot 10^{-17}$	68,8	$9,62 \cdot 10^{-9}$	39,4	6,8
1500	1420	1517	991	40,36	5,52	5,27	0,333	16,3	0,197	$2,37 \cdot 10^{-20}$	63,5	$1,54 \cdot 10^{-15}$	64	$9,14 \cdot 10^{-8}$	36,9	6,96
1600	1509	1619	1080	43,55	7,74	5,2	0,927	15,4	0,398	$1,25 \cdot 10^{-18}$	59,3	$8,43 \cdot 10^{-14}$	59,8	$9,27 \cdot 10^{-7}$	34,8	7,1
1700	1597	1722	1167	46,78	10,62	5,12	2,33	14,6	0,707	$4,17 \cdot 10^{-17}$	55,7	$2,82 \cdot 10^{-12}$	56,2	$7,08 \cdot 10^{-6}$	32,8	7,25
1800	1684	1825	1254	50,05	14,19	5,06	5,12	13,9	1,111	$8,81 \cdot 10^{-16}$	52,5	$6,31 \cdot 10^{-11}$	53	$4,47 \cdot 10^{-5}$	31,1	7,4
1900	1771	1929	1342	53,35	18,64	4,99	10,93	13,2	1,875	$1,41 \cdot 10^{-14}$	49,8	$1,01 \cdot 10^{-9}$	50,3	$2,28 \cdot 10^{-4}$	29,6	7,55
2000	1857	2033	1428	56,67	24,04	4,93	20,66	12,5	2,77	$1,76 \cdot 10^{-13}$	47,2	$1,33 \cdot 10^{-8}$	47,7	$1 \cdot 10^{-3}$	28,2	7,7
2100	1943	2137	1514	60,06	30,5	4,87	37,75	12	3,94	$1,66 \cdot 10^{-12}$	44,9	$1,28 \cdot 10^{-7}$	45,4	$3,93 \cdot 10^{-3}$	27	7,85
2200	2026	2242	1601	63,48	38,2	4,81	64	11,4	5,43	$1,25 \cdot 10^{-11}$	42,9	$9,88 \cdot 10^{-7}$	43,4	$1,33 \cdot 10^{-2}$	25,8	8
2300	2109	2347	1688	66,91	47,2	4,76	103,7	11	7,16	$8 \cdot 10^{-11}$	40,9	$6,47 \cdot 10^{-6}$	41,4	$4,07 \cdot 10^{-2}$	24,8	8,15
2400	2192	2452	1775	70,39	57,7	4,71	164,4	10,5	9,27	$4,26 \cdot 10^{-10}$	39	$3,52 \cdot 10^{-5}$	39,5	0,116	23,8	8,3
2500	2274	2557	1859	73,91	69,8	4,66	248	10,1	11,55	$2,03 \cdot 10^{-9}$	37,3	$1,71 \cdot 10^{-4}$	37,8	0,298	23	8,45
2600	2356	2663	1945	77,49	83,8	4,61	364	9,75	14,15	$8,41 \cdot 10^{-9}$	35,8	$7,24 \cdot 10^{-4}$	36,3	0,716	22,2	8,6
2700	2437	2770	2031	81,04	99,6	4,58	532	9,39	17,12	$3,19 \cdot 10^{-8}$	34,3	$2,86 \cdot 10^{-3}$	34,8	1,631	21,4	8,75
2800	2516	2878	2116	84,1	117,6	4,54	732	9,06	20,2	$1,1 \cdot 10^{-7}$	32,9	$9,84 \cdot 10^{-3}$	33,4	3,54	20,7	8,9
2900	2595	2986	2202	88,33	137,8	4,51	987	8,74	23,6	$3,3 \cdot 10^{-7}$	31,6	$3 \cdot 10^{-2}$	32,1	7,31	10,1	9,05
3000	2673	3094	2286	92,04	160,5	4,48	1326	8,45	27,1	$9,95 \cdot 10^{-7}$	30,4	$9,2 \cdot 10^{-2}$	30,9	14,15	19,5	9,2
3100	2750	3202	2371	95,76	185,8	4,46	1745	8,18	30,7	$2,6 \cdot 10^{-6}$	29,2	0,25	29,7	26,44	18,9	9,35
3200	2827	3311	2455	99,54	214	4,43	2252	7,94	34,2	$6,38 \cdot 10^{-6}$	28,2	0,631	28,7	47,84	18,4	9,5

Таблиця 2 – Залежність коефіцієнта випромінювання спіралі від коефіцієнта кроку спіралі

Кш	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
δ	0,5	0,6	0,66	0,7	0,74	0,756	0,785	0,8	0,82	0,84	0,85

Таблиця 3 – Основні характеристики газів та їх сумішей

Газ	Атомний номер	Середня атомна вага	Діаметр атомів, А	α	C, (°C)
He	2	4,003	2,7	-	70
N ₂	7	14,008		0,163	110,6
N ₆	10	20,183	2,8		56
Ar	18	39,944	3,442	0,163	170
86%Ar+14%N ₂	-	-	-	0,163	164
Kr	36	83,8	3,6	0,12	188
80%Kr+20%Ar	-	-	-	0,12	179
Xe	54	131,3	4,05	0,0939	252

Таблиця 4 – $Q_{IT} = (T)$

T, K	1100	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200
Q_1	0,112	0,27	0,34	0,41	0,49	0,57	0,66	0,75	0,85	0,95

Таблиця 5 – Значення функції Φ [вт/см] при різних температурах T для деяких газів та їх сумішей

T, K	N ₂	Ar	86%Ar+14%N ₂	Kr	80%Kr+20%Ar	Xe	80%Kr+20%Ar
300	0,06	0,03	0,05	0,02	0,03	0,008	0,01
400	0,09	0,05	0,07	0,03	0,04	0,01	0,02
500	0,125	0,08	0,1	0,04	0,05	0,02	0,03
700	0,212	0,14	0,165	0,07	0,09	0,035	0,06
900	0,33	0,22	0,25	0,12	0,14	0,06	0,11
1100	0,47	0,3	0,34	0,17	0,19	0,1	0,15
1300	0,63	0,4	0,45	0,23	0,25	0,13	0,22
1500	0,8	0,5	0,57	0,3	0,32	0,178	0,28
1700	0,975	0,62	0,68	0,38	0,4	0,22	0,35
1900	1,175	0,74	0,8	0,42	0,46	0,26	0,39
2100	1,398	0,85	0,95	0,5	0,55	0,3	0,47
2300	1,625	0,98	1,1	0,58	0,65	0,35	0,55
2500	1,9	1,12	1,26	0,65	0,75	0,4	0,61
2700	2,25	1,27	1,45	0,74	0,85	0,45	0,7
2900	2,35	1,42	1,62	0,83	0,95	0,52	0,78
3100	2,45	1,6	1,85	0,9	1,05	0,57	0,85

Таблиця 6 – Лампи розжарювання електричні загального призначення (ДСТУ 2239-70)

Тип лампи	Номінальні величини		Розміри, мм			Тип цоколя за ДСТУ 2520-63
	напруга, В	потужність, Вт	Діаметр колби, D	Висота лампи, D	Висота світлового центру, Н	
1	2	3	4	5	6	7
В 127-15 В 127-135-15	127	15	61	107		Р 27/25-1 Р 27/25-1
В 220-15 В 220-235-15	220					
В 127-25 В 127-135-25	127	25				
В 220-25 В 220-235-25	220					
Б 127-40 Б 127-135-40 БК 127-40	127	40		114		
Б 220-40 Б 220-235-40 БК 220-40	220		48	90		
			61 48	114 90		
Б 127-60 Б 127-135-60 БК 127-60	127	60	61 51	114 96		
Б 220-60 Б 220-235-60 БК 220-60	220		61 51	114 96		
			100	66 61		
Б 220-100 Б 220-235-100 БК 220-100	220	66 61		129 105		
		150		81		175
Г 127-150 Б 127-135-150	127					
Б 220-150 Г 220-150 Б 220-235-150	220					
Г 127-200 Г 127-135-200	127	200	130±4			
Б 220-200 Г 220-200 Б 220-235-200	220					

Продовження таблиці 6

Тип лампи	Номінальні величини		Розміри, мм			Тип цоколя за ДСТУ 2520-63		
	напруга, В	потужність, Вт	Діаметр колби, D	Висота лампи, D	Висота світлового центру, Н			
1	2	3	4	5	6	7		
Г 127-300 Г 220-300 Г 220-235-300	127 220	300	112	236	175±5	Р 40/45-1		
Г 127-300 Г 220-300 Г 220-235-300	127 220			240	180±5	Р 40/45-1		
Г 127-500 Г 220-500 Г 220-235-500 Г 220-750	127 220			500 750	152		345	250±8
Г 127-1000 Г 220-1000	127 220			1000				
Г 127-1500 Г 127-1500	127 220	1500	167					

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки
до проведення практичних занять та контрольних робіт
з дисципліни

«ДЖЕРЕЛА СВІТЛА»

(для студентів 3 і 4 курсів денної і заочної форм навчання
за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»
спеціальності «Світлотехніка і джерела світла»)

Укладач **ГУРАКОВА** Лариса Дмитрівна

Відповідальний за випуск *О. М. Ляшенко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Н. В. Зражевська*

План 2011, поз. 255 М

Підп. до друку 25.11.2011

Формат 60×84/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 1,3

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.